

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-179020

(43)Date of publication of application : 11.07.1997

(51)Int.Cl.

G02B 13/00  
G02B 3/10  
G02B 5/18  
G11B 7/135

(21)Application number : 08-244297

(71)Applicant : ASAHI OPTICAL CO LTD

(22)Date of filing : 27.08.1996

(72)Inventor : MARUYAMA KOICHI  
KAMIKUBO JUNJI

(30)Priority

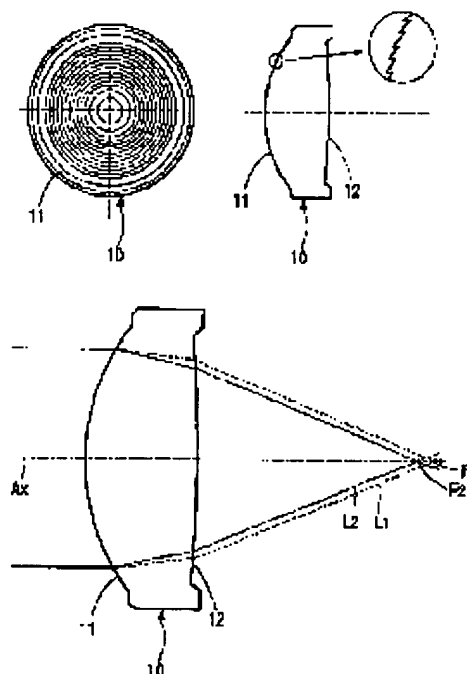
Priority number : 07242466 Priority date : 28.08.1995 Priority country : JP

## (54) DIFFRACTING MULTIFOCAL OBJECTIVE FOR OPTICAL INFORMATION RECORDING AND REPRODUCING DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To suppress the shift of focus position against wavelength variation small.

SOLUTION: The diffracting multifocus objective 10 is a biconvex single lens having two lens surfaces 11 and 12 which are spherical surfaces macroscopically increasing in radius of curvature from the centers to the peripheries, and a diffraction lens is formed on one lens surface 11. The diffraction lens is formed as ring zones which are rotationally symmetrical around the optical axis Ax and so designed that the focal length is shorter to diffracted light which is larger in diffraction degree. Primary diffracted light L1 forms a 1st focus F1 on the optical axis Ax and secondary diffracted light L2 forms a 2nd focus F2 on the optical axis Ax closer to the lens than the F1.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]  
[Date of sending the examiner's decision of rejection]  
[Kind of final disposal of application other than the examiner's  
decision of rejection or application converted registration]  
[Date of final disposal for application]  
[Patent number]  
[Date of registration]  
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]  
[Date of requesting appeal against examiner's decision of  
rejection]  
[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 許出願公開番号

特開平9-179020

(43) 公開日 平成9年(1997)7月11日

(51) IntCl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 B 13/00			G 0 2 B 13/00	
			3/10	
			5/18	
G 1 1 B 7/135			G 1 1 B 7/135	A

審査請求 未請求 請求項の数12 F D (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平8-244297

(22) 出願日 平成8年(1996)8月27日

(31) 優先権主張番号 特願平7-242466

(32) 優先日 平7(1995)8月28日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000000527

旭光学工業株式会社

東京都板橋区前野町2丁目36番9号

(72) 発明者 丸山 晃一

東京都板橋区前野町2丁目36番9号 旭光

学工業株式会社内

(72) 発明者 上窪 淳二

東京都板橋区前野町2丁目36番9号 旭光

学工業株式会社内

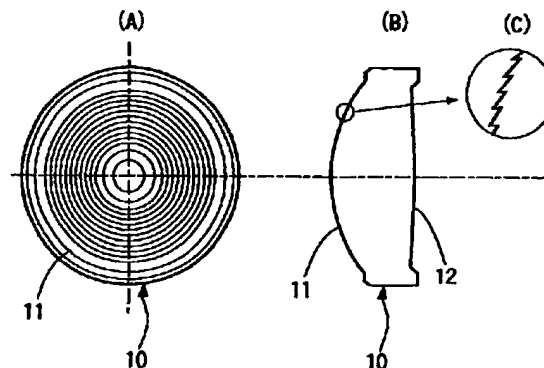
(74) 代理人 弁理士 松岡 修平

(54) 【発明の名称】 光情報記録再生装置用回折多焦点対物レンズ

(57) 【要約】

【課題】 光源の波長が変動した場合に焦点位置がシフトする。

【解決手段】 回折多焦点対物レンズ10は、巨視的に見て共に中心から周辺に向けて曲率半径が大きくなる非球面である2つのレンズ面11、12を有する両凸の単レンズであり、一方のレンズ面11に回折レンズが形成されている。回折レンズは、光軸Axに対して回転対称な輪帯として形成されており、回折次数が高い回折光ほどの焦点距離が短くなるよう設計されている。1次回折光L1は、光軸Ax上に第1の焦点F1を形成し、2次回折光L2は図中実線で示したようにF1よりもレンズに近い位置で光軸Ax上に第2の焦点F2を形成する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 正のパワーを持つ単一の屈折レンズの一方のレンズ面に微細な回折レンズ構造を形成して構成され、入射光束を光軸上の異なる位置に分離して複数の焦点を結ぶよう集光させる光情報記録再生装置用回折多焦点対物レンズにおいて、

前記回折レンズ構造は、前記複数の焦点のうち2つに入射光量の多くを配分すると共に、これら2つの焦点を形成する回折光のうち回折次数が高い方の焦点距離が短くなるよう設計されていることを特徴とする回折多焦点対物レンズ。

【請求項2】 前記2つの焦点は、前記回折レンズ構造による0次回折光と1次回折光とにより形成されることを特徴とする請求項1に記載の回折多焦点対物レンズ。

【請求項3】 前記2つの焦点は、前記回折レンズ構造による1次回折光と2次回折光とにより形成されることを特徴とする請求項1に記載の回折多焦点対物レンズ。

【請求項4】 前記回折レンズ構造のパワーが、中心から周辺に向けて小さくなることを特徴とする請求項1に記載の回折多焦点対物レンズ。

【請求項5】 前記回折レンズのパワーの変化が、球面収差補正効果を有することを特徴とする請求項4に記載の回折多焦点対物レンズ。

【請求項6】 単一の屈折レンズの一方のレンズ面に微細な回折レンズ構造を形成して構成され、入射光束を光軸上の異なる位置に分離して複数の焦点を結ぶよう集光させる光情報記録再生装置用回折多焦点対物レンズにおいて、

前記複数の焦点のうち入射光量の多くが配分される2つの焦点が、前記回折レンズによる1次以上の2つの次数の回折光により形成されることを特徴とする回折多焦点対物レンズ。

【請求項7】 前記回折レンズ構造による1次回折光と2次回折光とにより2つの焦点を形成するようにしたことを特徴とする請求項6に記載の回折多焦点対物レンズ。

【請求項8】 前記回折レンズ構造は、光軸に対して回転対称な輪帯として形成されており、輪帯面の境界で光束に与える位相差 $\Delta\phi$ が波長 $\lambda$ に対して以下の条件を満たすことを特徴とする請求項7に記載の回折多焦点対物レンズ。

$$1.0\lambda < \Delta\phi < 2.0\lambda$$

【請求項9】 単一の屈折レンズの一方のレンズ面に微細な回折レンズ構造を形成して構成され、入射光束を光軸上の異なる位置に分離して複数の焦点を結ぶよう集光させる光情報記録再生装置用回折多焦点対物レンズにおいて、

前記複数の焦点のうち第1、第2の焦点に入射光量の多くを所定のバランスで配分し、前記第1の焦点に配分される光量をP1、第2の焦点に配分される光量をP2とし

たときに、前記配分バランスが以下の条件を満たすことを特徴とする回折多焦点対物レンズ。

$$0.21 < P1/P2 < 0.76$$

【請求項10】 前記第1の焦点に配分された光を情報の再生専用、前記第2の焦点に配分された光を情報の記録・再生に利用することを特徴とする請求項9に記載の回折多焦点対物レンズ。

【請求項11】 単一の屈折レンズの一方のレンズ面に微細な回折レンズ構造を形成して構成され、入射光束を光軸上の異なる位置に分離して複数の焦点を結ぶよう集光させる光情報記録再生装置用回折多焦点対物レンズにおいて、

前記複数の焦点のうち次数が隣り合う第1、第2の次数の焦点に入射光量の多くを配分し、前記第1の次数にブレイズ化された面形状をSAG0、第2の次数にブレイズ化された面形状をSAG1としたときに、微細な回折レンズ構造を持つ面の面形状SAGが以下の式で表され、

$$SAG = \alpha \times SAG0 + (1 - \alpha) \times SAG1$$

上記の式中の係数 $\alpha$ が以下の条件を満たすことを特徴とする回折多焦点対物レンズ。

$$0 < \alpha < 1$$

【請求項12】 前記第1の次数の焦点が再生専用に使われ、前記第2の次数の焦点が再生・記録用に用いられ、前記係数 $\alpha$ が以下の条件を満たすことを特徴とする請求項11に記載の回折多焦点対物レンズ。

$$0.31 < \alpha < 0.46$$

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、例えば、保護層の厚さや屈折率が異なる複数種類の光ディスクを対象とする光ピックアップの対物レンズ等として用いられる光情報記録再生装置用回折多焦点対物レンズに関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来から、保護層の厚さが異なる2つの規格のディスクに記録された情報を同一の光ピックアップで読み出すため、片面にホログラムを形成して光ビームを2つの焦点に集光させる二焦点レンズを対物レンズとして用いる技術が知られている。例えば、「NIKKEI MECHANICAL 1995.5.15 no. 454」の第8ページには、ホログラム一体非球面ガラスレンズが開示される。

【0003】上記文献に開示される二焦点レンズは、非球面レンズの一方側の面の中心部に負のパワーを有するホログラムを設け、ホログラム以外の部分を透過した光束とホログラム部分を透過した0次回折光とにより第1の焦点を形成すると共に、ホログラム部分を透過した1次回折光により第1の焦点よりレンズから遠い位置に第2の焦点を形成する。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述し

た従来の二焦点レンズは、第1の焦点を形成する光束に対しては非球面の単レンズとして作用するため、色収差を補正することができず、光源である半導体レーザーの波長が変化した場合に第1の焦点位置がシフトする。

【0005】また、第2の焦点を形成する光束に対しては、正のパワーを持つガラスレンズと負のパワーを持つホログラムレンズとの組み合わせレンズとして作用するが、これら2つのレンズ要素は、波長変動に対して焦点を同一方向へシフトさせる作用を有するため、光源の波長が変化した場合に第2の焦点のシフト量が第1の焦点のシフト量より大きくなる。

【0006】したがって、従来の二焦点レンズを利用した光ヘッドは、使用時に波長が変動すると、焦点位置がシフトして情報の読み取り、書き込みの際してのエラーの発生率が高くなるという問題を有している。

【0007】この発明は、上述した従来技術の課題に鑑みてなされたものであり、波長変動に対する焦点位置のシフトを小さく抑えることができる光情報記録再生装置用回折多焦点対物レンズを提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】この発明にかかる回折多焦点レンズは、上記の目的を達成させるため、正のパワーを持つ屈折レンズの一方のレンズ面に微細な回折レンズ構造を形成して構成され、入射光束の光量の多くを2つの焦点に配分すると共に、これら2つの焦点を形成する回折光のうち回折次数が高い方の焦点距離が短くなるよう設計したことを特徴とする。

【0009】回折レンズは、光軸に対して回転対称な輪帯として形成されており、1次回折光と2次回折光とを用いる場合には、輪帯面の境界で光束に与える位相差 $\Delta\phi$ が波長 $\lambda$ に対して以下の条件(1)を満たす必要がある。

$$1.0\lambda < \Delta\phi < 2.0\lambda \dots (1)$$

【0010】さらに、光量の多くを第1、第2の焦点に配分し、第1の焦点を再生専用、第2の焦点を再生・記録用に用いる場合、第1の焦点に配分される光量をP1、第2の焦点に配分される光量をP2としたときに、配分バランスは以下の条件(2)を満たすことが望ましい。

$$0.21 < P1/P2 < 0.76 \dots (2)$$

【0011】一方、回折レンズの面形状SAGは、第1の次数の回折効率が100%となるようにブレース化された面形状をSAG0、第2の次数の回折効率が100%となるようにブレース化された面形状をSAG1として以下の式(3)で表され、

$$SAG = \alpha \times SAG0 + (1 - \alpha) \times SAG1 \dots (3)$$

この式中の係数 $\alpha$ が以下の条件(4)を満たすように設定する必要がある。

$$0 < \alpha < 1 \dots (4)$$

【0012】このとき、第1の次数の焦点が再生専用、第2の次数の焦点が再生・記録用に用いられ

る場合には、係数 $\alpha$ が以下の条件(5)を満たすよう設定することが望ましい。

$$0.31 < \alpha < 0.46 \dots (5)$$

【0013】

【発明の実施の形態】以下、この発明にかかる光情報記録再生装置用回折多焦点対物レンズを光ディスク装置のピックアップ用対物レンズとして用いた実施形態について説明する。図1は、実施形態にかかる回折二焦点レンズ10を示す説明図であり、(A)は正面図、(B)は側面図、(C)は側面の一部拡大図である。

【0014】この回折二焦点レンズ10は、巨視的に見て共に中心から周辺に向けて曲率半径が大きくなる非球面である2つのレンズ面11、12を有する両凸の単レンズであり、一方のレンズ面11に図1(A)に示したように光軸を中心とした輪帯状のパターンとして回折レンズ構造が形成されている。回折レンズ構造は、フレネルレンズのように各輪帯の境界に光軸方向の段差を持つ。この段差の高さは、利用する回折光の次数と波長とに応じて決定される。

20 【0015】なお、この明細書では、回折レンズのみの作用を回折レンズによる作用、回折レンズの作用を除いた巨視的なレンズの作用を屈折レンズによる作用と定義する。このレンズ10の屈折レンズは正のパワーを有し、回折レンズは、1次以上の回折光に対して正のパワーを有しており、これらの光束のうち回折次数が高い方の光束に対する焦点距離がより短くなるよう設計されている。

30 【0016】共に正のパワーを持つ回折レンズと屈折レンズとでは、可視域近傍の波長の光に対して波長変動に対する焦点位置のシフト方向が逆となる。したがって、少なくとも1次以上の回折光により形成される焦点について、波長変動があった場合にも屈折レンズ、回折レンズによる焦点シフトが互いに打ち消し合い、結果的にシフト量を小さく抑えて色収差の発生を抑えることができる。

【0017】0次回折光と他の次数の回折光とにより2つの焦点を形成する場合、0次回折光は回折レンズによる回折作用を受けないため色収差は補正されないが、少なくとも0次以外の回折光については色収差を補正することができる。従来のレンズの1次回折光の色収差が0次回折光のそれより大きくなることに鑑みれば、この発明の構成で0次回折光を用いたとしても、全体的な色収差を従来より小さく抑えることが可能である。

【0018】また、1次以上の次数の2つの回折光を用いる場合には、2つの焦点について共に波長変動によるシフトを低減することができる。ただし、屈折レンズのパワーによる焦点移動は各次数の光束に対して一定であるが、回折レンズのパワーは回折次数により変化するため、複数の次数の光束に対して色収差を同時に完全に補正することはできない。具体的には、1次回折光と2次

回折光とにより2つの焦点を形成する場合、例えば1次回折光では色収差を2/3補正し、2次回折光では4/3補正する。この場合には、1次回折光の色収差はやや補正不足となり、2次回折光の色収差はやや補正過剰になるが、回折レンズを持たない屈折レンズと比較すると色収差の影響はいずれも1/3となる。

【0019】一方、対物レンズが設けられる光ピックアップの光学系全体を小型化するためには、対物レンズに入射する光束径を小さくすることが望ましい。ただし、NAを保つためには光束径が小さくなった分だけ対物レンズの正のパワーを大きくして焦点距離を短縮する必要がある。屈折レンズでパワーを大きくするためには、レンズ面の曲率半径を小さくする必要があるため、焦点距離を短くするとレンズ周囲のコバ厚を小さくするか、中心厚を大きくする必要がある。例えば、射出成形で形成されるプラスチックレンズでは、キャビティに溶融樹脂を流入させるゲート分の厚さを周囲に確保しなければならないため、コバ厚を小さくすることができず、焦点距離を短くすると中心厚が大きくなってレンズの重量が嵩むという問題がある。

【0020】そこで、この発明のように2焦点をつくるための回折レンズ部分を正レンズとして、レンズのパワーを屈折レンズ部分のみでなく回折レンズにも負担させる構成とすれば、レンズ面の巨視的な曲率半径を回折面を持たない屈折レンズと比較して大きくすることができ、コバ厚、中心厚を変えずに焦点距離を短縮することができる。

【0021】例えば、光束径を約0.1mm小さくする場合、同一のNAを保つために焦点距離を短縮しようとすると、回折面を持たない屈折レンズでは曲率半径を小さくすることによりコバ厚を50μm程度小さくするか、中心厚を同程度大きくする必要がある。これに対して、一方のレンズ面に回折面を形成したレンズでは、回折レンズとして40の輪帯を形成することにより、巨視的な曲率半径を変更せずに、すなわちコバ厚や中心厚を変化させることなく焦点距離を同様に短縮することができる。

【0022】また、次数が高い回折光ほど焦点距離が短くなるため、0次回折光と1次回折光とを用いるよりも、1次回折光と2次回折光とを用いた方が、レンズのコバ厚を保ちつつ、より焦点距離の短いレンズを構成することができる。

【0023】単一の次数の回折光を取り出す場合には、段差により生じる位相差は波長の倍数となる。0次回折光の回折効率を100%にする場合、すなわち回折光を利用しない場合には、位相差Δφは0でよい。すなわち、連続的な曲面とすればよい。1次回折光の回折効率を100%にする場合には、位相差Δφは1.0λとし、2次回折光の回折効率を100%にする場合には、位相差Δφは2.0λとする必要がある。

【0024】ただし、この発明の回折レンズを構成する輪帯状のパターンは、複数の次数の回折光を取り出すため、単一の整数次数の回折光に対してブレース化されていない。1次回折光と2次回折光とを用いる場合には、輪帯面の境界で光束に与える位相差Δφが波長λに対して以下の条件(1)を満たす必要がある。

$$1. 0\lambda < \Delta\phi < 2. 0\lambda \dots (1)$$

【0025】上記の条件の下限を下回ると0次回折光が増加し、上限を越えると3次回折光が増加し、いずれの場合にも1次、2次回折光の光利用効率が低下する。例えば、Δφがほぼ1.5λに等しい場合には、全光量に対する1次回折光、2次回折光の比率が共に40%程度となる。

【0026】また、2つの焦点のうち一方を読み出し専用として、他方を書き込みとの兼用として用いるような場合には、書き込みに必要となるエネルギーが再生時の10倍程度となることに鑑み、書き込みと兼用される側の次数の回折光を他方の回折光より大きく設定することが望ましい。具体的には、第1の焦点に記録面が配置される媒体がコンパクトディスク(CD)等の再生専用の媒体であり、第2の焦点に記録面が配置される媒体が光磁気ディスク(MOD)等の記録、再生可能な媒体である場合、光束の有効利用のためΔφを1.6λ、1.7λ等に適宜設定する。

【0027】また、何れの次数の回折光を用いる場合にも、光量の多くを第1、第2の焦点に配分して第1の焦点を再生専用、第2の焦点を再生・記録用に用いる場合には、第1の焦点に配分される光量をP1、第2の焦点に配分される光量をP2として、配分バランスは以下の条件(2)を満たすことが望ましい。

$$0.21 < P1/P2 < 0.76 \dots (2)$$

【0028】条件(2)の範囲は、再生に必要な光量と記録に必要な光量とに応じて定められる。この条件の下限を下回る場合には第1の焦点に配分される光量の割合が再生に要求されるレベルより低くなる。第1の焦点に配分される次数の光に対して他の次数の光が過度に強くなると、情報の再生に利用される正規の光束に対して雑音となる光の量が増加するため、SN比が低下して良好な信号を検出できなくなる。

【0029】条件(2)の上限を越える場合には、通常の半導体レーザーの定格発光量を想定すると、第2の焦点に配分される光量が記録に要求されるレベルより低くなる。条件を満たさないまま光量を要求されるレベル以上にするためには、入力電流を大きくして発光量を定格より大きくするか、通常より定格発光量の大きい半導体レーザーを用いる必要があるが、発光量を定格より大きくすれば半導体レーザーの寿命が短くなり、定格発光量が大きい半導体レーザーは高価であるという問題がある。条件(2)を満たすことにより、2つの焦点に分配される光量のバランスをとることができ、再生信号のSN比を

良好に保つと共に、通常の半導体レーザーの定格発光量で信号の記録に要求される光量レベルを満たすことができる。

【0030】回折レンズの面形状は、回折レンズが形成されたレンズ面と光軸との交点を原点として光軸方向にX軸をとる直角座標系において、光軸からの高さhの点のサグ量(レンズ面上の点から光軸上の接平面までの距離)SAGとして表される。このサグ量SAGは、複数の焦点のうち次数が隣り合う第1、第2の次数の焦点に入射光量の多くを配分する場合には、第1の次数の回折効率

が100%となるようにブレース化された面形状をSAG0、第2の次数の回折効率が100%となるようにブレース化された面形状をSAG1として以下の式(3)で表され、

$$SAG = \alpha \times SAG_0 + (1 - \alpha) \times SAG_1 \dots (3)$$

この式中の係数 $\alpha$ が以下の条件(4)を満たすように設定される。

$$SAG_0 = \frac{C_0 h^2}{1 + \sqrt{1 - (K_0 + 1)h^2 C_0^2}} + A_4 h^4 + A_6 h^6 + A_8 h^8 + A_{10} h^{10} + N \times G_0 \dots (6)$$

$$SAG_1 = \frac{C_1 h^2}{1 + \sqrt{1 - (K_1 + 1)h^2 C_1^2}} + B_4 h^4 + B_6 h^6 + B_8 h^8 + B_{10} h^{10} + N \times G_1 \dots (7)$$

$$C_0 = \frac{1}{r_0}, C_1 = \frac{1}{r_1} \dots (8)$$

【0033】条件(4)は、2つの次数の回折光による焦点に光を配分する際の面形状を規定するものであり、それぞれの次数の光に対してブレース化された面形状を所定の割合で重ね合わせることで、2つの次数の回折光をバランス良く生成することができる。係数 $\alpha$ の値 ※

$$* 0 < \alpha < 1 \dots (4)$$

【0031】ただし、式(3)中のSAG0、SAG1は、それぞれ式(6)、(7)に示される値となる。式(6)、(7)中のC0、C1は式(8)に示されるように各成分別の軸上の曲率半径r0、r1の逆数であり、K0、K1は円錐係数、A4、A6、A8、A10、B4、B6、B8、B10はそれぞれ4、6、8、10次の非球面係数である。また、符号Nは、光軸上を0番目として外側に向けて数えた輪帯の番号(N=0、1、2、...)、G0、G1はそれぞれの次数の回折効率を100%とするために必要な輪帯境界での段差(単位: mm)である。式(6)、(7)中の最終項N×G0、N×G1が回折レンズ構造としての性質を表す項であり、他の項は一般的な非球面形状の表現式と同一であり、屈折レンズ部分の形状を表している。

【0032】

【数1】

※と、ブレース化された面形状SAG0、SAG1にそれぞれ対応する次数への光量配分(回折効率)は表1に示されるとおりの関係を有する。

【0034】

【表1】

$\alpha$	SAG0に対応する 次数の回折効率	SAG1に対応する 次数の回折効率
0.00	0.000	1.000
0.10	0.012	0.968
0.20	0.055	0.875
0.30	0.135	0.737
0.40	0.255	0.573
0.50	0.405	0.405
0.60	0.573	0.255
0.70	0.737	0.135
0.80	0.875	0.055
0.90	0.968	0.012
1.00	1.000	0.000

【0035】このとき、第1の次数の焦点が再生専用に使われ、第2の次数の焦点が再生・記録用に用いられる場合には、係数 $\alpha$ が以下の条件(5)を満たすよう設定することが望ましい。

$$0.31 < \alpha < 0.46 \dots (5)$$

【0036】条件(5)は、前述の条件(2)を形状面から規定したものであり、この条件を満たすことにより、2つの焦点に分配される光量のバランスをとることができ★50

★る。

【0037】図2は、レンズ10を透過する光束の収束状態を示す断面図である。レンズ10の一方のレンズ面11側から入射した平行光束は、回折レンズ部分により1次回折光と2次回折光とに分離されると共に、レンズ10の屈折レンズ部分の作用によって収束される。1次回折光L1は、図中に破線で示したように光軸Ax上に第1の焦点F1を形成し、2次回折光L2は図中実線で示

したようにF1よりもレンズに近い位置で光軸Ax上に第2の焦点F2を形成する。回折レンズ部分は正レンズの作用を有するため、次数が高いほど収束作用が強くなり、よりレンズに近い位置に焦点が形成される。なお、回折レンズの作用を受けない0次回折光により形成される焦点は、第1の焦点F1よりレンズから離れて位置する。

【0038】次に、読み取り対象の光ディスクとして、コンパクトディスク(CD)とデジタルビデオディスク(DVD)とを用いる場合について説明する。CDは、厚さ1.2mmの保護層を有する片面ディスクであり、DVDは、厚さ0.6mmの保護層を有するディスク2枚を貼合わせた両面ディスクであり、記録密度がCDより高い。DVDの記録面は、同一のターンテーブルに配置した場合はCDの記録面よりもレンズに近くなる。そこで、この場合には、第1の焦点をCD用に、第2の焦点をDVD用に用いる。

【0039】レンズの開口径が同一であれば、焦点距離が短いほどNAが高くなり、スポットを小さく絞ることが可能となるため、記録密度が高いDVD用に第2の焦点を用いることは読み取り精度を確保する上でも望ましい。

【0040】なお、各ディスクの保護層は平行平面であるが、収束光中に配置されるために正の球面収差を有する。一般に、光ディスク装置用の対物レンズは、レンズと保護層とを含むシステムとして球面収差が補正されるように設計されている。ただし、球面収差の発生量は保護層の厚さに応じて変化するため、CD用に球面収差が調整された屈折レンズをそのままDVDに用いると球面収差が補正不足となり、スポット径が拡大する。

【0041】そこで、この例では、回折レンズに球面収差補正作用の一部を持たせ、保護層の厚さが異なる複数の規格のディスクに対して共に球面収差を十分に補正できるように構成されている。具体的には、回折レンズ部分の正のパワーに光軸から離れるに従ってパワーが弱くなるような勾配を持たせ、これにより球面収差を補正するよう構成している。なお、ここでいう回折レンズ部分のパワーとは、屈折レンズのパワーと同様にレンズ面の局所的な集光作用のことである。

【0042】なお、回折レンズを球面収差を補正するよう設計した場合、その補正効果は回折次数と波長の変化量とに比例する。すなわち、回折次数が高くなれば、レーザーの発光波長が変化した際の球面収差の変化が大きくなる。したがって、球面収差補正効果の変化を防ぐためには、1次回折光と2次回折光とを利用する回折レンズの方が、2次回折光と3次回折光とを使用するレンズ

より適している。

【0043】

【実施例】以下、上記実施態様に開示された回折多焦点対物レンズの具体的な実施例を4例説明する。

【0044】

【実施例1】実施例1は、0次回折光と1次回折光とを用いる回折二焦点対物レンズである。回折効率、すなわち光量比は、0次が40.5%、1次が40.5%、他の次数が18%である。実施例1のレンズは、0次、1次の回折光を共に再生専用ディスクに用いる場合に適している。条件(1)、(2)、(4)に対する実施例1の値は、 $\Delta\phi=0.5\lambda$ 、 $P1/P2=1.0$ 、 $\alpha=0.5$ となる。条件(4)は満たしているが、0次と1次の回折光を利用する構成であるため条件(1)は満たしておらず、光量を均等に配分する構成であるため条件(2)も満たしていない。0次回折光は、ディスク表面から記録面までの保護層の厚さが1.2mmの規格の光ディスクを用いた場合に記録面上に焦点を形成し、1次回折光は、0.6mmの規格の光ディスクを用いた場合に記録面上に焦点を形成する。

【0045】実施例1の巨視的な形状を示す数値構成は、表2に示される。表中、第1面、第2面が対物レンズ、第3面、第4面が光ディスクの保護層を示し、第1面が回折レンズ面として構成されている。なお、表中の記号NAは対物レンズの開口径、 $\lambda$ は使用基準波長、 $f0$ は0次回折光の焦点距離、 $f1$ は1次回折光の焦点距離、 $r$ は光軸との交点における曲率半径(単位: mm)、 $d$ は面間隔(単位: mm)、 $n$ は波長680nmでの屈折率、 $\nu$ はアッペ数である。面間隔 $d2$ と $d3$ とは、光ディスクの保護層の厚さにより変化する。

【0046】

【表2】

NA=0.6 $\lambda=680\text{nm}$ $f0=3.00\text{mm}$ $f1=2.90\text{mm}$				
面番号	r	d	n	$\nu$
1	別記	1.800	1.48849	57.4
2	-4.954	1.273/1.504		
3	$\infty$	1.200/0.600	1.57834	29.9
4	$\infty$			

【0047】実施例1のレンズの第1面の形状は、前記の式(3)に $\alpha=0.5$ を代入することにより表現される。第1面の形状を表現するための式(6)、(7)における各係数の値は以下の表3に示すとおりである。

【0048】

【表3】

$$\begin{aligned}
 {}^{11}r_0 &= 1.833 \\
 {}^{11}K_0 &= -0.570 \\
 {}^{11}A_4 &= 9.132 \times 10^{-4} \\
 {}^{11}A_6 &= 2.016 \times 10^{-4} \\
 {}^{11}A_8 &= 2.111 \times 10^{-5} \\
 {}^{11}A_{10} &= -1.047 \times 10^{-5} \\
 {}^{11}G_0 &= 0.000
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 {}^{12}r_1 &= 1.748 + 0.00045 \times N \\
 {}^{12}K_1 &= -0.570 \\
 {}^{12}B_4 &= (-4.456 + 0.0310 \times N) \times 10^{-4} \\
 {}^{12}B_6 &= (-6.433 + 0.0340 \times N) \times 10^{-4} \\
 {}^{12}B_8 &= 4.337 \times 10^{-5} \\
 {}^{12}B_{10} &= (-2.215 + 0.0057 \times N) \times 10^{-5} \\
 {}^{12}G_1 &= -1.392 \times 10^{-3}
 \end{aligned}$$

【0049】実施例1における輪帯の次数Nと光軸からの高さhとの関係は、以下の表4に示すとおりである。高さhは、光軸に垂直な面内での各輪帯の位置と幅とを示している。また、この実施例1におけるNとhとの関\*

係は、式(9)で表される。式中の関数INT(x)は、xの整数部分を求める関数である。

【0050】

【表4】

N	h	N	h
0	$0.000000 \leq h < 0.299404$	13	$1.202425 \leq h < 1.256080$
1	$0.299404 \leq h < 0.398558$	14	$1.256080 \leq h < 1.308880$
2	$0.398558 \leq h < 0.516188$	15	$1.308880 \leq h < 1.361070$
3	$0.516188 \leq h < 0.612815$	16	$1.361070 \leq h < 1.412885$
4	$0.612815 \leq h < 0.697307$	17	$1.412885 \leq h < 1.464567$
5	$0.697307 \leq h < 0.773726$	18	$1.464567 \leq h < 1.516373$
6	$0.773726 \leq h < 0.844341$	19	$1.516373 \leq h < 1.568591$
7	$0.844341 \leq h < 0.910578$	20	$1.568591 \leq h < 1.621560$
8	$0.910578 \leq h < 0.973406$	21	$1.621560 \leq h < 1.675697$
9	$0.973406 \leq h < 1.033526$	22	$1.675697 \leq h < 1.731546$
10	$1.033526 \leq h < 1.091468$	23	$1.731546 \leq h < 1.789840$
11	$1.091468 \leq h < 1.147653$	24	$1.789840 \leq h < 1.851629$
12	$1.147653 \leq h < 1.202425$		

【0051】

※ ※【数2】

$$N = \text{INT}(9.519840h^2 - 0.538313h^4 - 0.0444794h^6 + 0.5) \cdots (9)$$

【0052】上記の式(9)は、第1面の回折作用がパワー成分と、球面収差及び高次の球面収差を補正する形状となっていることを示している。さらに、第2面は、回転対称な連続非球面であり、そのレンズ面上で光軸からの高さhの点のサグ量は、式(6)に示されるSAG0を用いて表すことができる。この場合の第2面の円錐係数、非球面係数は以下の表5に示すとおりである。

【0053】

【表5】

$$\begin{aligned}
 {}^{11}K_0 &= 0.000 & {}^{11}G_0 &= 0.000 \\
 {}^{11}A_4 &= 2.479 \times 10^{-2} & {}^{11}A_6 &= -5.321 \times 10^{-3} \\
 {}^{11}A_8 &= 8.272 \times 10^{-4} & {}^{11}A_{10} &= -6.068 \times 10^{-5}
 \end{aligned}$$

【0054】

【実施例2】実施例2は、0次回折光と1次回折光とを用いる回折二焦点対物レンズである。回折効率、すなわち光量比は、0次が25.4%、1次が57.3%、その他の次数が17.3%である。実施例2のレンズは、0次光をCDのような読み取り専用ディスクに用い、1次光をMODのような読み書き兼用ディスクに用いる場★50

★合に適用している。条件(1)、(2)、(4)に対する実施例2の値は、 $\Delta\phi = 0.6\lambda$ 、 $P1/P2 = 0.44$ 、 $\alpha = 0.4$ となる。条件(2)、(4)、さらに条件(5)を満たしているが、0次と1次の回折光を利用する構成であるため条件(1)は満たしていない。

【0055】0次回折光は、ディスク表面から記録面までの保護層の厚さが1.2mmの規格の光ディスクを用いた場合に記録面上に焦点を形成し、1次回折光は、0.6mmの規格の光ディスクを用いた場合に記録面上に焦点を形成する。

【0056】実施例2の曲率半径、焦点距離等の数値構成は、表1に示される実施例1と同一である。実施例2のレンズの第1面の形状は、前記の式(3)に $\alpha = 0.4$ を代入することにより表現される。第1面の形状を表現するための式(6)、(7)における各係数の値は表3に示される実施例1の値と同一である。第2面の非球面形状も、表5に示される実施例1と同一である。

【0057】なお、実施例2における輪帯の次数Nと光軸からの高さhとの関係は、表4に示す実施例1と同一である。

## 【0058】

【実施例3】実施例3は、1次回折光と2次回折光とを用いる回折二焦点対物レンズである。回折効率、すなわち光量比は、1次が40.5%、2次が40.5%、その他の次数が18.9%である。実施例3のレンズは、1次、2次の回折光を共に再生専用ディスクに用いる場合に適している。条件(1)、(2)、(4)に対する実施例3の値は、 $\Delta\phi=1.5\lambda$ 、 $P1/P2=1.0$ 、 $\alpha=0.5$ となる。条件(1)、(4)は満たしているが、光量を均等に配分する構成であるため条件(2)は満たしていない。

【0059】1次回折光は、保護層の厚さが1.2mmの光ディスクの記録面上に焦点を形成し、2次回折光は、0.6mmの光ディスクの記録面上に焦点を形成する。実施例3の巨視的な形状を示す数値構成は、表6に示される。表中の記号f1は1次回折光による焦点距離、f2は\*

$$\begin{aligned} r_0 &= 1.870+0.00046 \times N \\ K_0 &= -0.660 \\ A_4 &= (1.960+0.0110 \times N) \times 10^{-4} \\ A_6 &= 2.500 \times 10^{-4} \\ A_8 &= (1.980+0.0430 \times N) \times 10^{-5} \\ A_{10} &= (-1.398-0.0041 \times N) \times 10^{-5} \\ G_0 &= -1.392 \times 10^{-3} \end{aligned}$$

【0063】実施例3における輪帯の次数Nと光軸からの高さhとの関係は、以下の表8に示すとおりである。※

N	h
0	$0.000000 \leq h < 0.250877$
1	$0.250877 \leq h < 0.436215$
2	$0.436215 \leq h < 0.565354$
3	$0.565354 \leq h < 0.671575$
4	$0.671575 \leq h < 0.764522$
5	$0.764522 \leq h < 0.848595$
6	$0.848595 \leq h < 0.926239$
7	$0.926239 \leq h < 0.998973$
8	$0.998973 \leq h < 1.067823$
9	$1.067823 \leq h < 1.133514$
10	$1.133514 \leq h < 1.196585$
11	$1.196585 \leq h < 1.257451$

【0065】さらに、第2面は、回転対称な連続非球面であり、そのレンズ面上で光軸からの高さhの点のサグ量は、式(6)に示されるSAG0で表される。第2面の円錐係数、非球面係数は以下の表9に示すとおりである。

## 【0066】

## 【表9】

\* 2次回折光による焦点距離である。

## 【0060】

## 【表6】

$$NA=0.6 \quad \lambda=680nm \quad f1=3.01mm \quad f2=2.92mm$$

面番号	r	d	n	v
1	別記	1.800	1.48849	57.4
2	-4.717	1.300/1.580		
3	$\infty$	1.200/0.600	1.57834	29.9
4	$\infty$			

【0061】実施例3のレンズの第1面の形状は、前記の式(3)に $\alpha=0.5$ を代入することにより表現される。第1面の形状を表現するための式(6)、(7)における各係数の値は以下の表7に示すとおりである。

## 【0062】

## 【表7】

$$\begin{aligned} r_1 &= 1.792+0.00092 \times N \\ K_1 &= -0.660 \\ B_4 &= (8.800+0.2600 \times N) \times 10^{-4} \\ B_6 &= 1.020 \times 10^{-4} \\ B_8 &= (2.270+0.1040 \times N) \times 10^{-5} \\ B_{10} &= (-1.745-0.0110 \times N) \times 10^{-5} \\ G_1 &= -2.784 \times 10^{-3} \end{aligned}$$

※【0064】

## 【表8】

N	h
12	$1.257451 \leq h < 1.316438$
13	$1.316438 \leq h < 1.373814$
14	$1.373814 \leq h < 1.429804$
15	$1.429804 \leq h < 1.484606$
16	$1.484606 \leq h < 1.538396$
17	$1.538396 \leq h < 1.591344$
18	$1.591344 \leq h < 1.643618$
19	$1.643618 \leq h < 1.695395$
20	$1.695395 \leq h < 1.746873$
21	$1.746873 \leq h < 1.798286$
22	$1.798286 \leq h < 1.849923$

$$\begin{aligned} \star \quad K_0 &= 0.000 & G_0 &= 0.000 \\ A_4 &= 2.435 \times 10^{-2} & A_6 &= -5.386 \times 10^{-3} \\ A_8 &= 8.370 \times 10^{-4} & A_{10} &= -6.070 \times 10^{-5} \end{aligned}$$

## 【0067】

★【実施例4】実施例4は、1次回折光と2次回折光とを用いる回折二焦点対物レンズである。回折効率、すなわち光量比は、1次が25.4%、2次が57.3%、その他の次数が17.3%である。実施例4のレンズは、50 0次光をCDのような読み取り専用ディスクに用い、1

15

次光をMODのような読み書き兼用ディスクに用いる場合に適している。条件(1)、(2)、(4)に対する実施例4の値は、 $\Delta\phi=1.6\lambda$ 、 $P1/P2=0.44$ 、 $\alpha=0.4$ となる。条件(1)、(2)、(4)、さらに条件(5)を満たしている。

【0068】1次回折光は、保護層の厚さが1.2mmの光ディスクの記録面上に焦点を形成し、2次回折光は、0.6mmの光ディスクの記録面上に焦点を形成する。実施例4の巨視的な形状を示す曲率半径、焦点距離等の数値構成は、表7に示される実施例3と同一である。

【0069】実施例4の曲率半径、焦点距離等の数値構成は、表7に示される実施例3と同一である。実施例4のレンズの第1面の形状は、前記の式(3)に $\alpha=0.4$ を代入することにより表現される。第1面の形状を表現するための式(6)、(7)における各係数の値、輪帯の次\*

$\alpha$	$\Delta\phi$	1次光回折効率	2次光回折効率	$P1/P2$
0.320	1.680	15.6%	70.5%	0.22
0.460	1.540	34.2%	47.1%	0.73

【0073】なお、2つの焦点に集光する各光束の開口数NAが異なる場合には、径が大きい光束のみが透過する部分の回折レンズ構造を、径が大きい光束の次数の回折効率が100%となるよう設計することにより、入射光束の光量を有効に利用することができる。例えば、1次回折光と2次回折光とを利用して2つの焦点を形成する場合において、1次回折光のNAが2次回折光より大きい場合には、1次および2次回折光が共に透過する中心部については2つの次数の回折光を発生するよう回折レンズを構成し、1次回折光のみが透過する周辺部についてはほぼ1次回折光のみが発生するようブレース化して回折レンズを構成する。

【0074】

【発明の効果】以上説明したように、この発明によれば、光源の発光波長の変化による焦点位置のシフト量が※

16

\*数Nと光軸からの高さhとの関係、そして第2面の非球面形状は、それぞれ表7、表8、表9に示される実施例3と同一である。

【0070】波長の1nmのズレに対する焦点位置のズレは、上記実施例の場合0次回折光で記録面保護層の厚さ1.2mmのとき0.12 $\mu$ m、1次回折光で厚さ0.6mmのとき0.05 $\mu$ m、1次回折光で厚さ1.2mmのとき0.03 $\mu$ m、2次回折光で厚さ0.6mmのとき0.04 $\mu$ mとなる。

10 【0071】実施例4の構成に基づいて式(3)の係数 $\alpha$ を変更することにより、1次回折光、2次回折光の回折効率は以下の表10に示されるように変化する。

【0072】

【表10】

※小さい光情報記録再生装置用回折多焦点対物レンズを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明にかかる光情報記録再生装置用回折多焦点対物レンズの構成を概略的に示す説明図である。

【図2】 図1に示されるレンズを透過する光束の収束状態を示す断面図である。

【符号の説明】

10 回折二焦点レンズ

11, 12 レンズ面

Ax 光軸

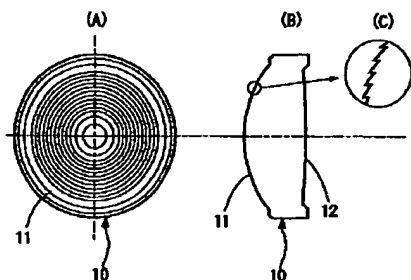
30 L1 1次回折光

L2 2次回折光

F1 第1の焦点

F2 第2の焦点

【図1】



【図2】

